

氏名	史 慶 藩
授与した学位	博士
専攻分野の名称	理学
学位授与番号	博甲第1822号
学位授与の日付	平成10年9月30日
学位授与の要件	自然科学研究科物質科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	Study on Nonlinearly Coupled Photon-Magnon System in YIG
論文審査委員	YIGを用いた非線形結合フォトン-マグノン系の研究 教授 山崎比登志 教授 原田 勲 教授 大嶋 孝吉

### 学位論文内容の要旨

本研究では、イットリウム・鉄・ガーネット(YIG)を用いて スピン波-フォトンの非線形結合系に関して、研究をおこなった。スピン波のパラメトリック励起を平行励起法を用いておこなうと、励起周波数の1/2の振動数のスピン波が励起される。このうち、互いに逆向きに進む2つのスピン波が対になり、一つの振動子の様に振舞うことが予想される。このモデルに基づき、フォトン-スピン波間の非線形相互作用を取り入れたハミルトニアンが、新しく導入したスピン波対の演算子で表現できることを示した。従来のモデルに比べてこの新しいモデルでは、一変数化されたスピン波対が励起マイクロ波と同じ振動数を持つため、スピン波対モードと空洞共振器内フォトンモード間の非線形結合の影響が強く現れることを示唆する。

この現象を調べるために、マイクロ波空洞共振器内に設置したYIGスピン波を平行励起する実験をおこなった。スピン波-フォトン結合系のスペクトルを観測した。実験結果によってスピン波-フォトン結合系の振動数の励起電力及び励起周波数の依存性を分かった。また、実験とシミュレーションで食い違いが発生する電力付近から、スピン波対-フォトン系に、第三の振動数を持つモードが観測され始める。これは、新しいスピン波対が閾値を越え不安定増大したモードと考えられる。一方、励起電力を固定し励起周波数を変化させた実験から、励起周波数が元来のキャビティーモード振動数から離れるほど、非線形結合による振動数のシフトが小さくなることを確認した。この場合も励起電力が閾値に近い場合は、実験を二モードモデルによるシミュレーションで再現することができた。

これらの実験及びシミュレーションとの比較から、パラメトリック励起されたスピン波対の存在、フォトンモードとスピン波対の非線形結合の重要性を明らかにした。

## 論文審査結果の要旨

フェリ磁性体イットリウム・鉄・ガーネット単結晶について、これまでにスピン波非線形効果に関する多くの研究がなされている。マイクロ波によるマグノンの平行励起を行うと、周波数が励起周波数の半分で、波数ベクトル $\pm k$ をもつマグノン対が励起される。マイクロ波フォトンとこのマグノン対との結合は非線形で、加えるマイクロ波電力がある閾値を超えるとマグノンの数は雪崩現象的に急激に増大する。この論文ではまず、このマグノン対が一つの振動子として表せることを理論的に示した。次にこのマグノン対振動子と、パラメトリック励起に使われる空洞共振器内のマイクロ波フォトンとの非線形相互作用に着目し、実験と理論の両面から研究している。まず空洞共振器の共振周波数と同一周波数のマイクロ波によりマグノンのパラメトリック励起を行う。測定は観測用の第二のプロープマイクロ波の周波数をスイープしながら行う。励起マイクロ波強度が小さいときは単峰の共振曲線が観測される。しかし閾値を超えてマグノン対振動子が現れると共振曲線のピークは二つに分裂する。この現象は、二つの振動子が相互作用のため反発分裂したことにより起こると言うことを理論的に明らかにしている。パラメトリック励起されたマグノン対が増大するにつれそれらのピークの分離は大きくなる。さらに励起を強くするとピークが3つに分裂することを見出し、新たなマグノンモードの出現を示唆している。この新たなモードの解明は今後の問題である。

以上のように、これまで見過ごされがちであったフォトン-マグノン非線形相互作用の効果を明らかにするとともに、新たなマグノンモードを見出し、この分野に新たな研究指針を示したことは評価できる。

本論文の内容、論文発表会、参考論文を総合的に審査した結果、本論文は博士学位論文に値するものと認定する。